Ueber die magnetische Drehung der Polarisationsebene des Lichtes in einigen Nickel- und Kobaltsalzen

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der Hohen Philosophischen Fakultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Rudolf Uehleke,
Braunschweig.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

◆◆◆

Halle a. d. S.
Buchdruckerei Hohmann.
1913.

Referent: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Dorn.

Meinen lieben Eltern.

Inhalt.

		Seite
I.	Einleitung	7
II.	Das Material	8
III.	Versuchsanordnung	9
IV.	Magnetfeldbestimmung	10
V.	Die Lösungen	11
VI.	Berechnung der molekularen magnetischen Drehung	12
VII.	Die Beobachtungen	13
VIII.	Die molekulare magnetische Drehung	19
IX.	Dispersion	21
X.	Zusammenfassung	22

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544727_0130

I. Einleitung.

Seit der Entdeckung der magnetischen Drehung der Polarisationsebene des Lichtes durch Faraday und der Feststellung ihrer Gesetze durch Verdet haben besonders die Metalle Eisen, Nickel und Kobalt das Interesse auf sich gezogen. Es lag nahe, bei diesen am stärksten magnetischen Metallen ein besonderes Verhalten zu erwarten, das vielleicht einen tieferen Einblick in die Wirkung des Magnetismus auf das Licht gewährte. Diese Vermutung rechtfertigte sich glänzend. Die Messungen von Kundt[1] und Du Bois[2] zeigten ganz anomale Erscheinungen bei diesen Metallen. Dieselben drehen die Polarisationsebene positiv, d. h. im Sinne des den Magneten umkreisenden Stromes, aber um ganz enorme Beträge; außerdem befolgen sie nicht das Verdetsche Gesetz von der Proportionalität der Drehung mit der magnetischen Feldstärke.

Früher schon hat man die magnetische Drehung der Salze dieser Metalle zu messen begonnen. Es liegt hierüber eine ganze Reihe von Arbeiten vor von Bertin[3], Eduard Becquerel, Verdet[4], Henri Becquerel[5], W. Stscheglajeff[6] und R. Wachsmuth[7]. Die Resultate dieser Arbeiten sind, kurz zusammengefaßt, folgende: Die Eisensalze drehen — mit Aus-

---

[1] Kundt, Wied. Ann. 27, p. 191, 1886.
[2] Du Bois, Wied. Ann. 31, p. 941, 1887.
[3] Bertin, Ann. chim. phys. III. 23, 1848.
[4] Verdet, C. R. 43 p. 529, 1856. C. R. 44 p. 1209, 1857. C. R. 45 p. 33, 1858.
[5] Henri Becquerel, Ann. chim. phys. V. 12, 1877.
[6] W. Stscheglajeff, Wied. Ann. 28, p. 168, 1886.
[7] R. Wachsmuth, Wied. Ann. 44, p. 377, 1891.

nahme von Kaliumferrocyanid nach Verdet — negativ, d. h. entgegengesetzt der Stromrichtung; die Nickel- und Kobaltsalze dagegen — mit Ausnahme von Kobaltonitrat nach Wachsmuth — positiv. Was die Ursache des verschiedenen Drehungssinnes ist, hat bisher keine genügende Erklärung gefunden. Die magnetischen Eigenschaften der Metalle scheinen in ihren Salzen ganz zurückzutreten; denn auch in der Größe der Drehung macht sich nichts besonderes bemerkbar.

Auf gütige Anregung von Herrn Prof. Dr. E. Dorn habe ich es unternommen, die magnetische Drehung einiger komplizierteren Nickel- und Kobaltsalze zu untersuchen. Dabei bediente ich mich der in neueren Arbeiten durchgängig angewandten Einrichtung, nämlich eines Elektromagneten mit durchbohrten Kernen in der Art, wie ihn zuerst Rühmkorff angegeben hat, verbunden mit einem Halbschattenapparate. Diese Methode ermöglichte auch die Bestimmung der Drehung in stark gefärbten Lösungen mit hinreichender Genauigkeit.

II. Das Material.

Die vorliegenden Untersuchungen erstrecken sich auf folgende Substanzen:

1. Nickelnatriumcyanür:
   $2\,Na\,(CN),\ Ni\,(CN)_2 \cdot 3\,H_2O$
2. Nickelkaliumcyanür:
   $2\,K\,(CN),\ Ni\,(CN)_2 \cdot H_2O$
3. Kobalticyannatrium:
   $Na_3\,[Co\,(CN)_6] \cdot 2\,H_2O$
4. Kobalticyankalium:
   $K_3\,[Co\,(CN)_6]$
5. Kaliumtetranitrodiaminkobaltiak:
   $[Co\,(NH_3)_2\,(NO_2)_4]\,K$
6. Carbonatotetraminkobaltinitrat:
   $[Co\,(NH_3)_4\,CO_3]\,NO_3 \cdot {}^1/_2\,H_2O$

Sämtliche Salze sind von Kahlbaum-Berlin geliefert. Die Formeln sind dem Handbuche von Gmelin-Kraut entnommen.

Die Substanzen 3 und 4 ergaben farblose Lösungen, die Substanzen 1 und 2 mäßig gelb, Substanz 5 intensiv gelb gefärbte Lösungen, während Substanz 6 eine stark rötlich-violette Lösung lieferte.

III. Versuchsanordnung.

Der benutzte Apparat war nach einem Göttinger Modell für ähnliche Untersuchungen konstruiert und auch schon verwandt.[1] Er besteht im wesentlichen aus einem Elektromagneten mit durchbohrten Kernen, sodaß man in seiner ganzen Länge in der Richtung der Kraftlinien hindurch sehen kann. Der Kraftlinienschluß wird durch 12 Eisenstäbe hergestellt, von denen jedoch der oberste fortgelassen wurde, um die Substanzen zwischen die Pole bringen zu können. Damit die Homogenität des Feldes nicht zerstört wurde, mußte dann auch der unterste abgeschraubt werden. Auf die äußeren Enden der Kerne wurden die beiden Teile eines Lippich'schen Halbschattenapparates geschraubt, der an seinen Nonien eine Ablesung von $0{,}01^0$ ermöglichte. Um die Wirkung zu verdoppeln und Störungen durch remanenten Magnetismus zu vermeiden, wurde der Strom im Magneten kommutiert. Im folgenden ist daher, wo nichts anderes bemerkt ist, stets der doppelte Winkel angegeben.

Zwischen die zu einer Ringfläche sich verjüngenden Pole wurden die Lösungen der zu untersuchenden Substanzen in kleinen, U-förmigen Glastrogen gebracht, wobei Sorge getragen wurde, daß dieselben immer genau auf derselben Stelle standen. In den Trog tauchte ein kleines Thermometer.

Es kamen 2 Lichtarten in Anwendung: 1. Gelbes Licht (λ=589,3), das durch Einführen einer Sodaperle in die Flamme eines kräftigen Terquembrenners erzeugt wurde, und 2. blaues Licht (λ=435,9), welches eine Quecksilberlampe in Quarz von Heräus unter Anwendung eines blauen Filters lieferte.

[1] Gerhard Vieth, Diss., Halle 1910. Daselbst findet sich auch eine ausführliche Beschreibung des Apparates.

IV. Magnetfeldbestimmung.

Von einer absoluten Bestimmung der Feldstärke zwischen den Polen des Magneten wurde abgesehen. Da alle Messungen auf Wasser bezogen werden mußten, wurde die magnetische Drehung des Wassers selbst zur Ermittelung der Feldstärke benutzt.

Nach dem Gesetze von Verdet gilt

$$\alpha = c \cdot H \cdot l$$

worin α die magnetische Drehung in Minuten, l die Dicke der Schicht in cm, H die magnetische Feldstärke in C-G-S-Einheiten (Gauß=Γ) und c eine von der Natur der untersuchten Substanz abhängige Konstante, die sogenannte Verdetsche Konstante, bezeichnet. Also ist auch $H = \frac{\alpha}{c \cdot l}$.

Die Verdetsche Konstante des Wassers ist, unter Berücksichtigung der Temperatur, nach einer Formel von Rodger und Watson[1] in Minuten $\Omega_t = 0{,}013\,11 - 0{,}000\,000\,4\ t - 0{,}000\,000\,04\ t^2$.

Die Schichtdicke, d. h. die lichte Weite des Troges, wurde auf folgende Weise ermittelt. Um sie möglichst genau an der Stelle, wo die Drehung gemessen wurde, zu bekommen, wurde die natürliche Drehung einer Rohrzuckerlösung einmal im Troge, der in der richtigen Stellung im Magneten stand, und dann in einer ca. 10 cm langen Röhre, wie sie zum Sacharimeter gebraucht wird, gemessen. Die Länge der Röhre ließ sich bequem ermitteln; daß Verhältnis der Drehungen multipliziert mit dieser Länge ergab die Weite des Troges. Eine zur Kontrolle mit einer Zuckerlösung von anderer Konzentration gemachte Messung ergab eine Differenz erst in der vierten Dezimale. Die Weite des hier benutzten Troges betrug 0,408 cm.

Die folgende Tabelle gibt die bei den Stromstärken 1—10 A gefundenen Drehungen und die daraus berechneten Feldstärken in Γ wieder. Die aufgeführten Zahlen sind das

[1] Rodger und Watson, Proc. R. Soc. 58, p. 234, 1895.

arithmetische Mittel aus je 10 Beobachtungen; die Drehungen sind in Grad ausgedrückt.

A	1	2	3	4	5	6	7	8	10
Drehung Wasser + Trog .	$0{,}77_7$	$1{,}49_4$	$2{,}16_7$	$2{,}76_7$	$3{,}34_8$	$3{,}63_3$	$3{,}87_9$	$4{,}08_5$	$4{,}33_0$
Drehung Trog leer	$0{,}37_9$	$0{,}70_6$	$1{,}00_9$	$1{,}27_8$	$1{,}61_7$	$1{,}72_0$	$1{,}84_5$	$1{,}97_2$	$2{,}12_8$
Drehung Wasser .	$0{,}39_8$	$0{,}78_8$	$1{,}15_8$	$1{,}48_9$	$1{,}73_0$	$1{,}91_8$	$2{,}03_4$	$2{,}11_3$	$2{,}20_2$
Temperatur . . .	22,2	22,1	21,0	25,8	24,5	20,0	29,4	23,1	19,5
Feldstärke Γ . .	2237	4420	6568	8460	9826	10884	11561	11992	12495

Die Drehungen des Wassers und die daraus berechneten Feldstärken sind in Tafel 1 graphisch dargestellt. Durch die Punkte der Feldstärken wurde eine ausgleichende Kurve gezogen, und bei den hieraus sich ergebenden Werten der Stromstärke für 12 000, 10 000, 8 000, 6 000 und 4 000 Γ sind die folgenden Beobachtungen gemacht. Besondere Sorgfalt wurde auf den Wert für 10 000 Γ verwandt, der noch durch weitere Messungen möglichst genau festgelegt wurde. Von hier aus wurden dann die übrigen Werte unter Benutzung aller gemachten Beobachtungen korrigiert. Es ergab sich schließlich daß die Feldstärke betrug bei

A	Γ
7,72	11 970
5,16	10 000
3,65	7 890
2,66	5 925
1,80	4 080

V. Lösungen.

Von den zu untersuchenden Substanzen wurden Normallösungen hergestellt, und zwar von den Substanzen 1—4 $^1/_{10}$ normal, von Substanz 5 wegen seiner geringen Löslichkeit und Substanz 6 wegen seiner intensiven Färbung $^1/_{50}$ normal. Die

Lösungen wurden in einem gut ausgewogenen Meßkölbchen von 25 cm^3 durch Auflösen der abgewogenen Menge Substanz hergestellt. Die Dichte der so erhaltenen Lösungen wurde zunächst bei der betreffenden Zimmertemperatur und später bei einer Temperatur von 26°, die mittels eines elektrischen Heizbades aufrecht erhalten wurde, mit einem Sprengel-Ostwaldschen Pyknometer gemessen. Die Werte für 24° sind zwischen beiden Messungen interpoliert. Die Reduktionen wurden nach der Formel $s = \frac{m}{w}(Q - \lambda) + \lambda$ [1]) vorgenommen.

VI. Berechnung der molekularen magnetischen Drehung.

Die molekulare magnetische Drehung wurde nach einer Formel von Otto Schönrock [2] berechnet. Sie soll hier kurz erläutert werden.

Bezeichnet:

r die Drehung, welche durch die Lösung in bestimmter Schichtdicke von einem Magnetfelde von bestimmter Intensität für eine bestimmte Lichtart hervorgerufen wird,

r_0 die unter gleichen Versuchsbedingungen durch Wasser erzeugte Drehung,

d die Dichte der chemischen Verbindung bei t°, bezogen auf Wasser von 4°,

d_0 die Dichte des Wassers bei t°,

l_1 die Anzahl Gramm gelöster Substanz in 1 cm^3 Lösung,

l_2 die Anzahl Gramm Lösungsmittel in 1 cm^3 Lösung,

w_0 das Molekulargewicht des Wassers,

w_1 das Molekulargewicht der gelösten Substanz,

w_2 das Molekulargewicht des Lösungsmittels,

m die molekulare Drehung der gelösten Substanz, und

m_1 die molekulare Drehung des Lösungsmittels,

---

[1] Kohlrausch: Praktische Physik, 11 A., p. 75, 1910.

[2] O. Schönrock, in Graham-Ottos ausführl. Lehrbuch der Chemie Bd. I Abt. III, p. 795 ff., 1898.

so definiert man die molekulare Drehung einer chemischen Verbindung:

$$m = \frac{r}{r_0} \cdot \frac{d_0}{d} \cdot \frac{w}{w_0} \quad \text{oder} \quad r = \frac{m}{w} \cdot \frac{d}{d_0} \cdot \frac{r_0}{w_0}$$

Für Lösungen wird zunächst $d = l_1 + l_2$, und wenn man nach Verdet die beiden Voraussetzungen macht, daß 1. die Drehung der in der Volumeinheit der Lösung enthaltenen Substanzmenge proportional ist, und daß 2. die von der gelösten Substanz und dem Lösungsmittel hervorgerufenen Drehungen sich einfach addieren, so wird:

$$r = \frac{m\ l_1}{w_1} \cdot \frac{r_0\ w_0}{d_0} + \frac{m_1\ l_2}{w_2} \cdot \frac{r_0\ w_0}{d_0}$$

oder für m aufgelöst:

$$m = \frac{w_1}{l_1} \left(\frac{r\ d_0}{r_0\ w_0} - \frac{m_1\ l_2}{w_2} \right).$$

Ist das Lösungsmittel, wie in unserem Falle, Wasser, so vereinfacht sich diese Formel, da $m_1 = 1$ und $w_2 = w_0$ wird, zu

$$m = \frac{w_1}{l_1\ w_0} \left(\frac{r\ d_0}{r_0} - l_2 \right).$$

Darin sind alle Größen außer w_0 und w_1 von der Temperatur abhängig; sämtliche Messungen müssen also auf ein und dieselbe Temperatur bezogen werden. r und r_0 hängen außerdem von der Wellenlänge des Lichtes ab.

VII. Die Beobachtungen.

Die Beobachtungen wurden in folgender Weise angestellt. Die magnetische Drehung wurde bei den 5 oben genannten Feldstärken gemessen, und zwar wurden bei jeder 12 Einstellungen gemacht und zwischen je zweien der Strom kommutiert, sodaß also immer der doppelte Winkel gemessen wurde. Da sich der Magnet während der Beobachtungen ziemlich stark erwärmte, wurde dafür Sorge getragen, daß die Temperatur bei der Feldstärke 10000 *I*, die später zur Berechnung der molekularen Drehung verwandt wurde, möglichst immer die-

selbe blieb, und zwar für die Beobachtungen im Na-Licht 26°, im Hg-Licht wegen der kühleren Jahreszeit 24°. Bei diesen Temperaturen wurden dann auch alle übrigen Größen ermittelt. Die Differenz von 2° bedingt einen Fehler erst in der 4. Dezimale.

1. Na-Licht.

$\lambda = 589{,}3\ \mu\mu$; Trog = 0,380 cm.

Die Drehungen durch den leeren und den mit Wasser gefüllten Trog wurden durch je 3 Sätze von 6 Beobachtungen bestimmt, sodaß also jede in der folgenden Tabelle angeführte Zahl das arithmetische Mittel aus 18 Beobachtungen ist. Die Drehung des Wassers allein ergibt sich aus der Differenz.

Γ	Wasser + Trog	Trog leer	Wasser
11 970	$3{,}94_1$	$1{,}95_7$	$1{,}98_4$
10 000	$3{,}28_5$	$1{,}63_9$	$1{,}64_6$
7 890	$2{,}60_4$	$1{,}29_3$	$1{,}31_1$
5 925	$1{,}94_3$	$0{,}96_5$	$0{,}97_8$
4 080	$1{,}35_0$	$0{,}65_7$	$0{,}69_3$

Die durchschnittliche Abweichung vom Mittel beträgt dabei

für Wasser + Trog $\pm$ 0,020

für Trog leer $\pm$ 0,019.

Von den Lösungen wurde jedesmal 1 Satz von 6 Beobachtungen gemacht. Die in den Tabellen angegebenen Zahlen sind also das arithmetische Mittel aus je 6 Beobachtungen.

Subst. 1. Nickelnatriumcyanür, $^1/_{10}$ normal.

Γ	Lösung + Trog	Lösung	Lösung cm
11 970	$3{,}99_0$	$2{,}03_0$	$2{,}67_1$
10 000	$3{,}33_8$	$1{,}69_9$	$2{,}23_6$
7 890	$2{,}62_8$	$1{,}33_1$	$1{,}75_1$
5 925	$1{,}99_5$	$1{,}01_9$	$1{,}34_1$
4 080	$1{,}35_8$	$0{,}68_8$	$0{,}90_5$

Mittlere Abweichung für Lösung + Trog = 0,017.

Subst. 2. Nickelkaliumcyanür, $^1/_{10}$ normal.

Γ	Lösung + Trog	Lösung	Lösung cm
11 970	$4{,}03_3$	$2{,}07_3$	$2{,}72_8$
10 000	$3{,}34_8$	$1{,}70_9$	$2{,}24_9$
7 890	$2{,}65_2$	$1{,}35_5$	$1{,}78_3$
5 925	$1{,}99_3$	$1{,}01_7$	$1{,}33_8$
4 080	$1{,}40_7$	$0{,}73_7$	$0{,}97_0$

Mittlere Abweichung für Lösung + Trog = 0,019.

Subst. 3. Kobalticyannatrium, $^1/_{10}$ normal.

Γ	Lösung + Trog	Lösung	Lösung cm
11 970	$3{,}96_0$	$2{,}00_0$	$2{,}63_2$
10 000	$3{,}31_8$	$1{,}66_5$	$2{,}19_1$
7 890	$2{,}61_0$	$1{,}31_3$	$1{,}72_8$
5 925	$1{,}96_8$	$0{,}99_2$	$1{,}30_5$
4 080	$1{,}33_2$	$0{,}66_2$	$0{,}87_1$

Mittlere Abweichung für Lösung + Trog = 0,011.

Subst. 4. Kobalticyankalium, $^1/_{10}$ normal.

Γ	Lösung + Trog	Lösung	Lösung cm
11 970	$3{,}95_2$	$1{,}99_2$	$2{,}62_1$
10 000	$3{,}31_0$	$1{,}67_1$	$2{,}19_9$
7 890	$2{,}61_8$	$1{,}32_1$	$1{,}73_8$
5 925	$1{,}95_5$	$0{,}97_9$	$1{,}28_8$
4 080	$1{,}35_2$	$0{,}68_2$	$0{,}89_7$

Mittlere Abweichung für Lösung + Trog = 0,024.

Subst. 5. Kaliumtetranitrodiaminkobaltiak, $^1/_{50}$ normal.

Γ	Lösung + Trog	Lösung	Lösung cm
11 970	$3{,}94_8$	$1{,}98_8$	$2{,}61_6$
10 000	$3{,}31_5$	$1{,}67_6$	$2{,}20_5$
7 890	$2{,}64_2$	$1{,}34_5$	$1{,}77_0$
5 925	$1{,}99_8$	$1{,}02_2$	$1{,}34_5$
4 080	$1{,}35_5$	$0{,}68_5$	$0{,}90_1$

Mittlere Abweichung für Lösung + Trog = 0,015.

Die Substanz 6 wurde nachträglich gemessen. Da inzwischen der Trog von der Weite 0,380 cm gesprungen war, wurde der für Quecksilberlicht von der Weite 0,366 cm benutzt.

Subst. 6. Carbonatotetraminkobaltinitrat, $^1/_{50}$ normal.

Γ	Lösung + Trog	Lösung	Lösung cm
11 970	$4{,}12_7$	$1{,}83_4$	$2{,}50_6$
10 000	$3{,}42_2$	$1{,}51_2$	$2{,}06_5$
7 890	$2{,}76_8$	$1{,}26_6$	$1{,}73_0$
5 925	$2{,}03_7$	$0{,}89_7$	$1{,}22_5$
4 080	$1{,}36_0$	$0{,}56_9$	$0{,}77_7$

Mittlere Abweichung für Lösung + Trog 0,025.

Hg-Licht.

$\lambda = 435{,}9$ $\mu\mu$; Trog = 0,366 cm.

Die durch den leeren und wassergefüllten Trog hervorgerufenen Drehungen wurden wieder durch 3 Sätze von je 6 Beobachtungen bestimmt. Die Zahlen sind das Mittel aus je 18 Beobachtungen.

Γ	Wasser + Trog	Trog leer	Wasser
11 970	$8{,}05_0$	$4{,}48_5$	$3{,}56_5$
10 000	$6{,}77_6$	$3{,}76_7$	$3{,}00_9$
7 890	$5{,}36_8$	$3{,}00_2$	2,36
5 925	$4{,}01_3$	$2{,}23_6$	$1{,}77_7$
4 080	$2{,}79_5$	$1{,}54_3$	$1{,}25_2$

Durchschnittliche Abweichung vom Mittel für
Wasser + Trog = ± 0,018
Trog leer = ± 0,018.

Von den Lösungen wurde jedesmal wieder 1 Satz von 6 Beobachtungen gemacht. Die angegebenen Zahlen sind also das Mittel aus 6 Messungen.

Subst. 1. Nickelnatriumcyanür, $^1/_{10}$ normal.

Γ	Lösung + Trog	Lösung	Lösung cm
11 970	$8{,}19_3$	$3{,}68_8$	$5{,}03_8$
10 000	$6{,}88_3$	$3{,}11_6$	$4{,}25_7$
7 890	$5{,}44_3$	$2{,}46_6$	$3{,}36_8$
5 925	$4{,}10_8$	$1{,}87_0$	$2{,}55_5$
4 080	$2{,}81_3$	$1{,}31_0$	$1{,}78_9$

Mittlere Abweichung für Lösung + Trog = + 0,024.

Subst. 2. Nickelkaliumcyanür, $^1/_{10}$ normal.

Γ	Lösung + Trog	Lösung	Lösung cm
11 970	$8{,}22_5$	$3{,}72_0$	$5{,}08_2$
10 000	$6{,}94_8$	$3{,}15_1$	$4{,}30_5$
7 890	$5{,}46_8$	$2{,}49_1$	$3{,}41_9$
5 925	$4{,}10_3$	$1{,}68_5$	$2{,}54_8$
4 080	$2{,}86_5$	$1{,}32_2$	$1{,}80_6$

Mittlere Abweichung für Lösung + Trog = ± 0,020.

Subst. 3. Kobalticyanatrium, $^1/_{10}$ normal.

l'	Lösung + Trog	Lösung	Lösung cm
11 970	$8{,}09_2$	$3{,}58_7$	$4{,}90_2$
10 000	$6{,}82_4$	$3{,}05_7$	$4{,}17_7$
7 890	$5{,}41_3$	$2{,}43_6$	$3{,}32_8$
5 925	$4{,}07_2$	$1{,}83_4$	$2{,}50_5$
4 080	$2{,}78_0$	$1{,}23_7$	$1{,}69_0$

Mittlere Abweichung für Lösung + Trog = ± 0,018.

Subst. 4. Kobalticyankalium, $^1/_{10}$ normal.

l'	Lösung + Trog	Lösung	Lösung cm
11 970	$8{,}12_7$	$3{,}62_2$	$4{,}94_8$
10 000	$6{,}81_0$	$3{,}04_3$	$4{,}15_7$
7 890	$5{,}32_6$	$2{,}39_3$	$3{,}26_9$
5 925	$4{,}03_2$	$1{,}79_4$	$2{,}45_1$
4 080	$2{,}72_0$	$1{,}18_3$	$1{,}61_6$

Mittlere Abweichung für Lösung + Trog = ± 0,018.

Subst. 5 war für Hg-Licht undurchsichtig.

Subst. 6. Carbonatotetraminkobaltinitrat, $^1/_{50}$ normal.

l'	Lösung + Trog	Lösung	Lösung cm
11 970	$8{,}00_5$	$3{,}50_0$	$4{,}78_2$
10 000	$6{,}75_8$	$2{,}99_1$	$4{,}08_6$
7 890	$5{,}25_8$	$2{,}28_1$	$3{,}11_6$
5 925	$3{,}98_0$	$1{,}64_2$	$2{,}21_6$
4 080	$2{,}75_0$	$1{,}20_7$	$1{,}64_9$

Mittlere Abweichung für Lösung + Trog = 0,027.

Die Tafeln II—VII veranschaulichen die für die einfache Drehung pro Zentimeter gefundenen Werte in graphischer

Darstellung. Es zeigt sich, daß sämtliche Salze das Verdetsche Gesetz von der Proportionalität der Drehung mit der Feldstärke befolgen. Durch die erhaltenen Punkte wurden ausgleichende Geraden gezogen. So gewähren die Tafeln zugleich ein anschauliches Bild von der erreichten Genauigkeit. Dieselbe ist in der Hauptsache von der Intensität der Färbung abhängig. Daher zeigen die gelben Lösungen im blauen Licht sowie die violette im gelben Licht die stärksten Abweichungen. Von der Lösung der Subst. 5 war für Hg-Licht eine brauchbare Einstellung überhaupt nicht zu erhalten.

VIII. Die molekulare magnetische Drehung.

Die molekulare magnetische Drehung wurde nach der oben entwickelten Formel berechnet:

$$m = \frac{w_1}{l_1\ w_0}\left(\frac{r\ d_0}{r_0} - l_2\right).$$

Für die einzelnen Größen ergaben sich folgende Werte:

$w_0 = 18{,}016.$

w_1	Subst.	Molekulargewicht
	1	263,0
	2	259,2
	3	320,4
	4	327,7
	5	316,4
	6	258,8

Das Kristallwasser ist dabei mit eingerechnet.

1. Na-Licht.

$\lambda = 589{,}3\ \mu\mu$; $t = 26^0$.

$d_0 = 0{,}996\,81$ (nach Kohlrausch).

l_1, l_2 Gemessen wurde die Dichte der Lösungen bei 26^0 und die im cm^3 Lösung enthaltene Menge der Substanz, l_1; l_2 ergab sich als die Differenz $d - l_1$.

Subst.	d	l_1	l_2
1	1,0084	0,026 23	0,982 27
2	1,0099	0,025 91	0,983 99
3	1,0136	0,031 99	0,981 61
4	1,0150	0,032 72	0,982 38
5	1,0030	0,006 33	0,996 68
6	0,9994	0,005 16	0,994 24

Für die Drehungen wurden die bei der Feldstärke 10000 *I'* aus den ausgleichenden Kurven der Tafeln 2—7 sich ergebenden Werte eingesetzt.

$r_0 = 1^0{,}646$

r	Subst.	Drehung in °
	1	$1{,}69_9$
	2	$1{,}71_9$
	3	$1{,}67_1$
	4	$1{,}66_5$
	5	$1{,}67_6$

Für die im Troge l = 0,366 cm gemessene Subst. 6 ergab sich

$r_0 = 1{,}^0 57_6$

$r = 1^0{,}51_2$

2. Hg - Licht.

$\lambda = 435{,}9\ \mu\mu$; $t = 24^0$.

$d_0 = 0{,}997\,33$ (nach Kohlrausch).

l_1, l_2 Dichte der Lösung $d = l_1 + l_2$.

Subst.	d	l_1	l_2
1	1,0086	0,026 25	0,972 35
2	1,0100	0,025 92	0,984 18
3	1,0137	0,032 00	0,981 70
4	1,0151	0,032 73	0,982 37
6	0,9995	0,005 16	0,994 34

Für die Drehungen ergaben sich bei 10 000 *I* aus den ausgleichenden Kurven die Werte

$r = 3^0{,}009$

r	Subst.	Drehung in °
	1	3,116
	2	3,143
	3	3,065
	4	3,043
	6	2,945

Alle diese Größen in die Formel eingesetzt ergeben die Werte für die molekulare magnetische Drehung.

Subst	Name	Na-Licht	Hg-Licht
1	Nickelnatriumcyanür, $^1/_{10}$ normal	$25{,}9_5$	$33{,}2_2$
2	Nickelkaliumcyanür, $^1/_{10}$ „	$31{,}6_5$	$31{,}9_2$
3	Kobalticyannatrium, $^1/_{10}$ „	$16{,}8_9$	$19{,}0_0$
4	Kobalticyankalium, $^1/_{10}$ „	$14{,}4_7$	$14{,}5_7$
5	Kaliumtetranitrodiamin-kobaltiak $^1/_{50}$ „	$50{,}9_8$	—
6	Carbonatotetramin-kobaltinitrat $^1/_{50}$ „	$-106{,}0$	$-50{,}4_4$

IX. Dispersion.

Die Größe der magnetischen Drehung ist, wie auch die vorliegenden Versuche zeigen, in hohem Maße von der Wellenlänge des Lichtes abhängig. Man bezeichnet diese Erscheinung als Dispersion der magnetischen Drehung oder auch als Rotationsdispersion. Sie wird bestimmt durch das Verhältnis der magnetischen Drehungen der verschiedenen Lichtsorten, indem man eine derselben willkürlich gleich 1 setzt. Wählen wir die für Na-Licht gefundenen Drehungen als Einheit, so ergibt sich also die Dispersion als Drehung bei Hg-Licht dividiert durch Drehung bei Na-Licht, beide auf 1 cm Schichtdicke bezogen.

Subst.	Na-Licht Drehung cm	Hg-Licht Drehung cm	Hg / Na Dispersion
H_2O	$2{,}16_3$	$4{,}11_1$	$1{,}90_0$
1	$2{,}23_5$	$4{,}25_7$	$1{,}90_4$
2	$2{,}26_2$	$4{,}29_3$	$1{,}89_8$
3	$2{,}19_9$	$4{,}18_7$	$1{,}90_4$
4	$2{,}19_1$	$4{,}15_7$	$1{,}89_8$
6	$2{,}06_6$	$4{,}02_3$	$1{,}94_8$

Dabei sind wieder die ausgeglichenen Werte bei 10000 *l'* zu grunde gelegt. Die Rotationsdispersion des Wassers ist verschiedentlich genau gemessen worden. Die neuesten Beobachtungen von Siertsema[1] geben für die Wellenlänge 0,437 μ und die Temperatur 20°, auf Na-Licht gleich 1 bezogen, den Wert 1,906 an. Der oben angeführte Wert zeigt hiermit gute Uebereinstimmung.

Auffallend ist die starke Dispersion der Lösung von Carbonatotetraminkobaltinitrat trotz der starken Verdünnung.

X. Zusammenfassung.

1. Die untersuchten Substanzen befolgen sämtlich das Verdetsche Gesetz, welches besagt, daß die magnetische Drehung der Feldstärke proportional ist.

2. Die molekulare magnetische Drehung wurde für die Wellenlängen 589,3 und 435,9 $\mu\mu$ bestimmt.

3. Die 5 ersten Substanzen drehen die Polarisationsebene des Lichtes positiv, die Subst. 6 negativ.

4. Die Dispersion der 5 ersten Substanzen ist nahe gleich der des Wassers; die der Substanz 6 größer.

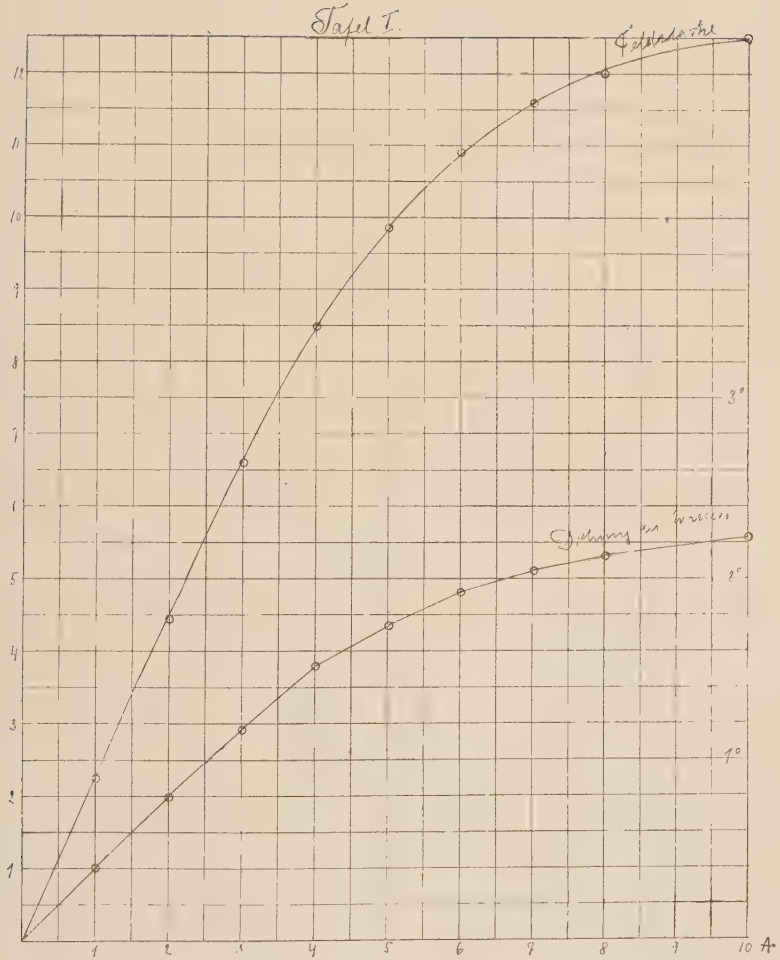
[1] Siertsema, Arch. néerl. (2) 6. p. 830. 1901.

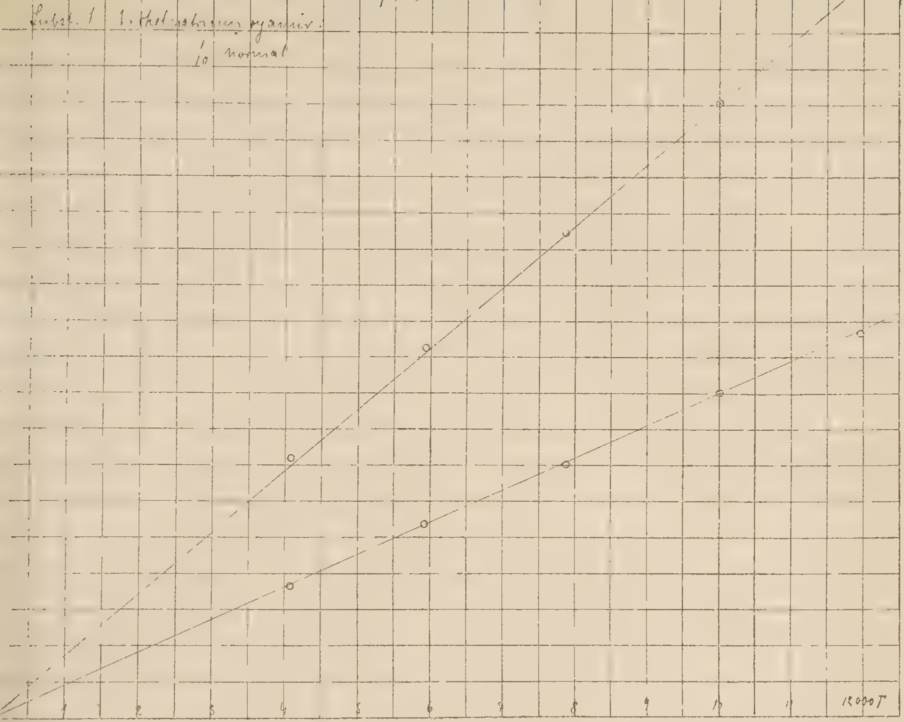
Herrn Geheimen Regierungsrat Prof. Dr. E. Dorn möchte ich hiermit für die gütige Anregung zu dieser Arbeit und für die liebenswürdige Unterstützung bei der Ausführung meinen ergebensten Dank aussprechen.

Lebenslauf.

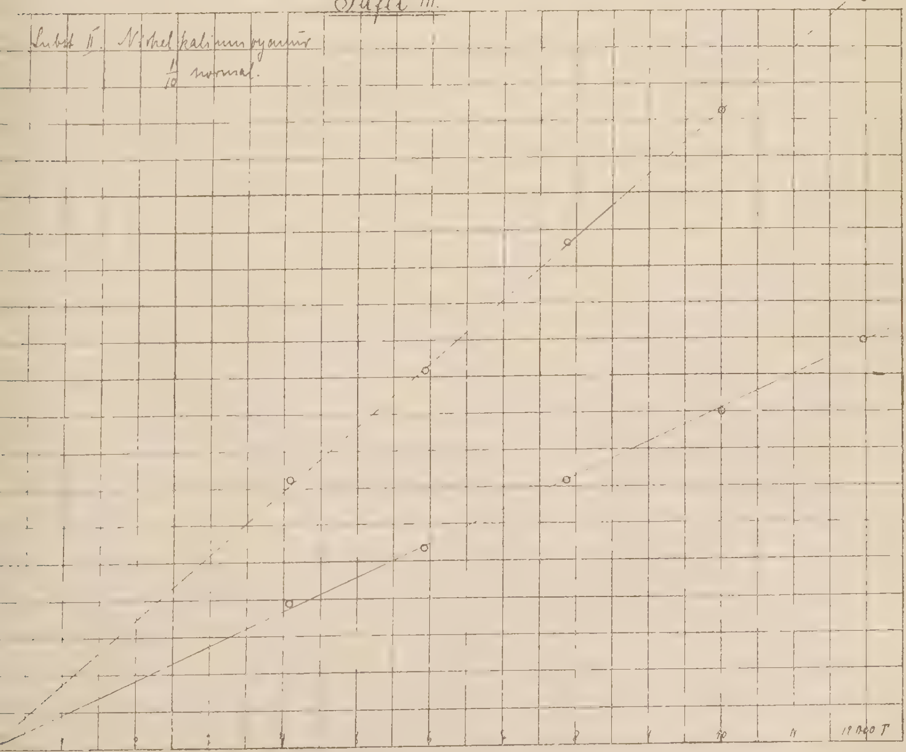
Geboren bin ich, Wilhelm Rudolf Theodor Uehleke, am 5. August 1888 zu Braunschweig als Sohn des Lehrers Wilhelm Uehleke und seiner Ehefrau Marie geb. Lüders. Ich bin evangelischer Konfession und braunschweigischer Staatsangehörigkeit. Den Elementarunterricht empfing ich auf der Herzogl. Waisenhausschule zu Braunschweig; darauf besuchte ich das Herzogl. Wilhelm-Gymnasium daselbst, das ich Ostern 1908 mit dem Reifezeugnis verließ. Ich widmete mich darauf dem Studium der Mathematik, Physik und Chemie an den Universitäten Freiburg i. B., München, Berlin und Halle.

Meine Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:
in Freiburg: Fischer, Himstedt Rickert, Seith, Willgerodt;
in München: Großmann, Hartogs, Hegi, Hoffmann, Lindemann, Röntgen, Voß;
in Berlin: Blasius, E. Fischer, Hettner, Nernst, Weinstein;
in Halle: Boeke, Buchholz, Dorn, Fries, Gutzmer, Krueger, Menzer, K. Schmidt, Vorländer, Wangerin.

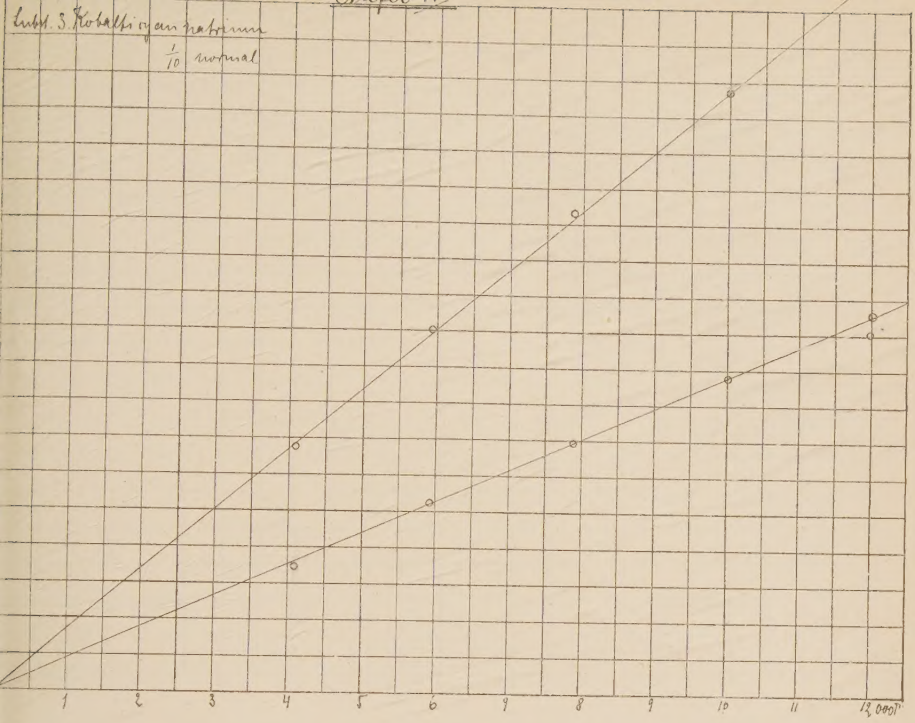

Tafel I.
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
3°
1°
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10 A.


Lubst. I. Nickelnatriumcyanür.
1/10 normal
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12000 T

Tafel III.

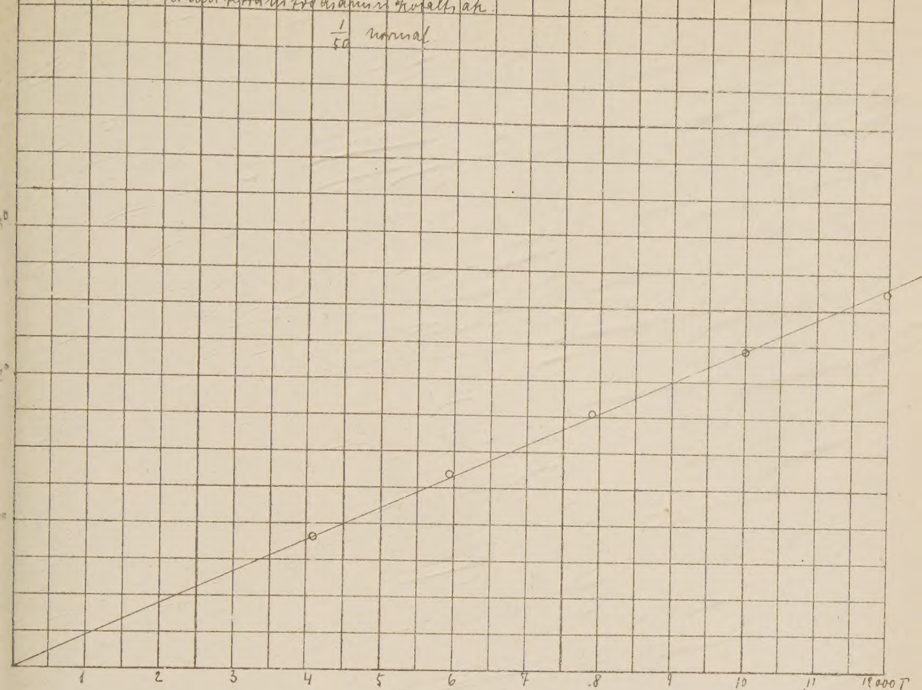

Lubst II. Nickelkaliumcyanür
1/10 normal.
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12000 T

Lsbst. 3. Kobaltcyankalium
$\frac{1}{10}$ normal

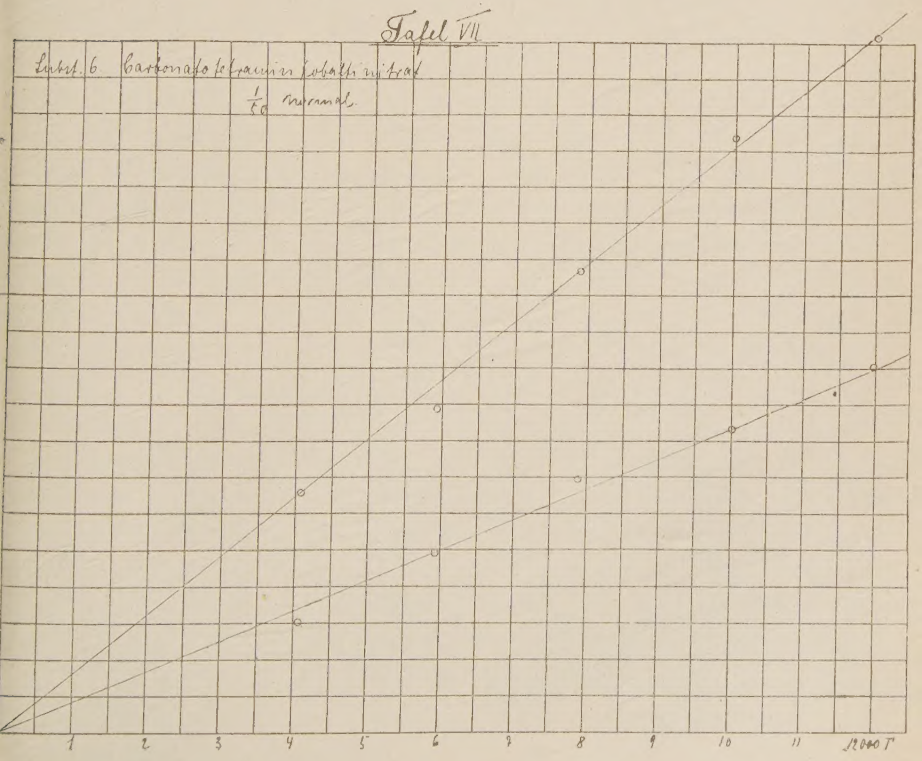


Tafel V.

Lsbst. 4. Kobaltcyankalium
$\frac{1}{10}$ normal


1/50 normal
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12000 T

Tafel VII


Subst. 6 Carbonatotetrammin kobalti nitrat
1/50 normal
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12000 T